

VI CONGRESSO IBÉRICO de Agro-Engenharia

5 a 7 de Setembro | 2011
Universidade de Évora | Portugal



Eficiência de utilização da água pelo grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) regado em condições Mediterrânicas

L.L. Silva¹, I. Duarte², N. Simões², E. Lourenço¹, M.M. Chaves³

¹Universidade de Évora, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM), Apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal. Tel.: +351 266 760823; fax: +351 266 760911; Endereço de E-mail: llsilva@uevora.pt

²INRB, I.P./INIA, Elvas, Apartado 6, 7350-951 Elvas. Portugal.

³Instituto de Tecnologia Química e Biológica, Apartado 127, 2781-901 Oeiras. Portugal.

Resumo

O grão de bico (*Cicer arietinum* L.) é uma das culturas proteaginosas mais importantes do mundo. É cultivado numa grande variedade de climas, principalmente para consumo humano, proporcionando uma importante fonte de proteína, especialmente nos países em desenvolvimento. Nas regiões mediterrânicas, o grão de bico é tradicionalmente cultivado como uma cultura de sequeiro, semeada na Primavera, e por isso muito dependente da precipitação, geralmente escassa e muito variável. Nesta situação, a rega de complemento, geralmente aplicada entre a floração e o início do desenvolvimento do grão, pode melhorar significativamente o rendimento da cultura. O objectivo deste estudo foi avaliar o aumento do rendimento da cultura e a eficiência da utilização da água, num ensaio com cinco variedades de grão de bico, pertencentes ao catálogo nacional de variedades, em que se utilizaram quatro tratamentos de rega. Verificou-se que a utilização de rega suplementar permitiu um aumento significativo da produção de grão e de biomassa, em todas as variedades do ensaio, sendo a variedade Elixir aquela que apresentou melhores resultados. A maior eficiência da utilização da água ocorreu no tratamento correspondente a 50% das necessidades de rega.

Palavras chave: Rega suplementar; rega gota-a-gota; grão de bico; eficiência de utilização da água; condições Mediterrânicas.

Abstract

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the most important pulse crops in the world. It is cultivated on a wide range of environments, mainly grown for human consumption, providing an important source of protein, especially in developing countries. In Mediterranean regions, chickpea is traditionally grown as a spring sown rainfed crop, thus very dependent on rainfall, which is generally scarce and very variable. In this situation, supplemental irrigation, generally applied between flowering and the beginning of seed growth, can improve significantly the crop yield. The objective of this study was to evaluate the improvement on crop yield and water use efficiency with supplemental irrigation on five chickpea varieties from the Portuguese breeding selection program. Field tests were carried out with four irrigation treatments in 2009. The results showed that supplementary irrigation lead to an increase of grain and biomass yield, in all tested varieties, being the Elixir variety the one that produced better results. The higher water use efficiency was attained in the 50% irrigation requirements treatment.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial de Alimentação e Agricultura, FAO (FAOSTAT, 2010) o grão de bico foi, em 2009, a terceira cultura proteagínosa mais importante do Mundo, com uma produção de 9,8 milhões de toneladas e uma área cultivada de 11 milhões de hectares. É uma cultura cultivada sob grande variedade de climas, desde o sub-tropical (Índia e Nordeste da Austrália) até ao árido e semi-árido das regiões Mediterrânicas (Bacia Mediterrânica e Sudeste da Austrália) (Pacucci *et al.*, 2006). O grão de bico é cultivado essencialmente para consumo humano, sendo uma importante fonte de proteínas, especialmente nos países em desenvolvimento. As variedades de grão de bico podem ser divididas em dois grandes grupos, as do tipo *desi*, com grãos mais pequenos e escuros, e as do tipo *kabuli* com grãos maiores e claros. A proteína do grão de bico é de elevada qualidade, com uma composição de aminoácidos bem balanceada e um alto teor de lisina (Wood e Grusak, 2007). O grão de bico também tem um papel importante como cultura em rotação devido não só à sua capacidade de fixação de azoto atmosférico (Singh, 1997), mas também como uma cultura que pode interromper o ciclo de doenças em sistemas culturais.

No Mediterrâneo, o grão de bico é tradicionalmente cultivado como uma cultura de Primavera, de sequeiro, semeada em Março-Abril (López-Bellido, 2008), e é considerada uma das culturas proteagínosas mais tolerante à seca. Cultivado em sequeiro, a produção de grão de bico está muito dependente da precipitação, geralmente escassa e muito variável, e do teor de água que o solo consegue reter após as precipitações de Inverno. Após a sementeira, e durante do ciclo cultural, a cultura é sujeita a um aumento da temperatura do ar e a uma diminuição do teor de água no solo, o que conduz a produções baixas e variáveis (Oweis *et al.*, 2004).

A rega suplementar, geralmente aplicada entre a floração e o início do desenvolvimento do grão, pode aumentar significativamente a produção de grão (Biçer *et al.*, 2004; Nielsen, 2001; Pacucci *et al.*, 2006; Soltani *et al.*, 2001). Soltani *et al.* (2001) referem um estudo no Noroeste do Irão (Sadri e Banai, 1996) onde a utilização de rega permitiu alcançar uma produção média de 1000-1500 kg ha⁻¹, enquanto que em sequeiro a produção média ficou pelos 400 a 600 kg ha⁻¹. Nielsen (2001) refere um aumento na produção, de grão de bico semeado em Abril, nos Estados Unidos, de 600 para 3500 kg ha⁻¹ com o aumento da rega de 220 para 420 mm. Apesar da disponibilidade da água ser um dos factores mais importantes na produção do grão de bico, existem outros, tais como a data de sementeira, o sistema de produção e a variedade, que podem ter também um impacto significativo na produção do grão e na eficiência de utilização da água (Gan *et al.*, 2010; Oweis *et al.*, 2004). Além de aumentar a produção, a rega suplementar tem o potencial de estabilizar a produção, diminuindo o risco de baixas produções em anos secos (Oweis *et al.*, 2004).

A eficiência da utilização da água do grão de bico foi recentemente avaliada em diversos estudos (Cutforth *et al.*, 2002; Gan *et al.*, 2010; Miller *et al.*, 2001; Nielsen, 2001; Oweis *et al.*, 2004; Siddique *et al.*, 2001; Soltani *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2000). Oweis *et al.* (2004) verificaram que a eficiência de utilização da água foi significativamente influenciada pela data de sementeira e pela utilização de rega suplementar, variando de ano para ano. O grão de bico semeado na Primavera apresentou menores produções mas uma eficiência de utilização da água mais elevada do que o grão de bico semeado no Outono. Angadi *et al.* (2008), num estudo realizado em clima semiárido do Canadá obtiveram uma eficiência de utilização da água de 6,8 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Já McKenzie *et al.* (2006), numa região com condições climáticas idênticas, obtiveram um valor de 15,8 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Gan *et al.* (2010) observaram valores de eficiência de utilização da água entre os 5,3 e 6,7 kg ha⁻¹ mm⁻¹, para quatro variedades diferentes de grão de bico.

O objectivo deste estudo foi o de avaliar o aumento da produção e da eficiência de utilização da água com a utilização de rega suplementar em cinco variedades de grão de bico que fazem parte do catálogo nacional de variedades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um ensaio com 5 variedades de grão-de-bico, duas do tipo *desi* (Elmo e Elite) e três do tipo *kabuli* (Elixir, Eldorado e Elvar), obtidas na Estação Nacional de Melhoramento de Plantas (ENMP), em Elvas. Os quatro tratamentos de rega corresponderam a 100 % das necessidades de rega da cultura (NR), 50% das NR, 25% das NR e sequeiro. As necessidades de rega foram calculadas como a diferença entre a evapotranspiração da cultura e a precipitação efectiva, utilizando o modelo CROPWAT da FAO (Smith, 1995), com dados meteorológicos médios anuais de 30 anos.

As plantas foram instaladas num campo de ensaio da ENMP, num solo de textura franco-argilo-arenosa, com uma profundidade máxima entre 80 cm e 1 m, utilizando um delineamento de blocos casualizados com talhões subdivididos e 4 repetições, tendo os tratamentos de rega sido atribuídos aos talhões e as variedades aos sub-talhões. Os sub-talhões tinham 1,2 metros de largura por 4 metros de comprimento. Cada talhão tinha 4 linhas de plantas, com uma distância entre linhas de 30 cm. O número de sementes por sub-talhão foi de 240 (60 plantas por linha), de modo a alcançar uma população média de 50 plantas/m². Antes da sementeira foi feita uma adubação azotada (3 g N/m²). Três ou quatro dias após a sementeira foi aplicado um herbicida de pré-emergência, o TRINURON, com uma dose de 3 L/ha.

A sementeira ocorreu no dia 27 de Fevereiro de 2009 e a colheita entre 24 e 27 de Julho. Na figura 1 podem-se observar os dados meteorológicos do local do ensaio, durante o período de crescimento da cultura.

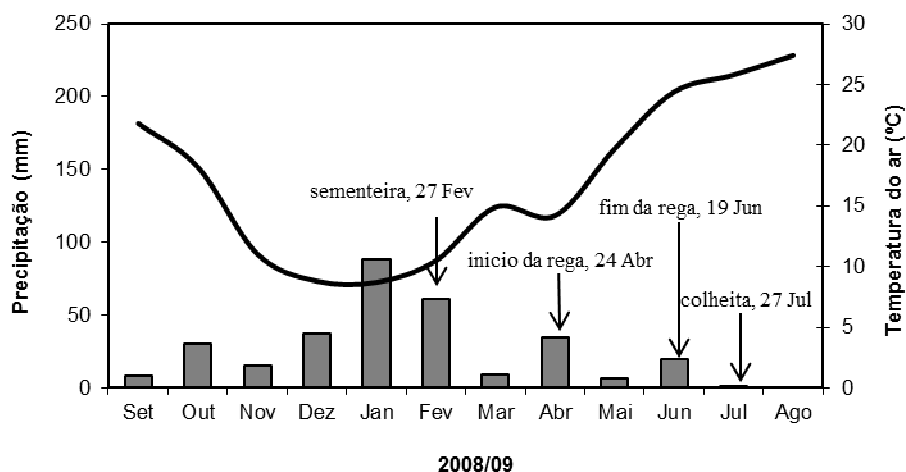


Figura 1 – Dados meteorológicos no ano agrícola de 2008-2009.

A rega foi feita com um sistema de rega gota-a-gota, com uma linha de gotejadores de 2 L/h, espaçados de 30 cm, colocada na entrelinha da cultura. O teor de água no solo foi monitorizado com a utilização de uma sonda DIVINER 2000 e 3 tubos de acesso da sonda em cada tratamento de rega. As medições foram feitas semanalmente, de 10 em 10 cm até uma

profundidade de 80 cm. Estes valores foram depois utilizados para determinar a oportunidade das regas. Pode-se observar o número de regas e a quantidade de água aplicada em cada tratamento de rega na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de regas, dotação aplicada, período da rega e quantidade total de precipitação e rega durante o ciclo da cultura.

Tratamentos de rega	Precipitação (mm)	Número de regas	Dotação de rega (mm)	Período da rega	Total de água de rega (mm)
100% NR	70	15	15-20	24 Abr – 19 Jun	260
50% NR		8	15-20	24 Abr – 4 Jun	130
25% NR		4	15-20	24 Abr – 19 Mai	65

A eficiência de utilização da água (EUA) foi determinada tanto para a produção de grão (EUAgr) como para a biomassa (EUAbio), utilizando a seguinte expressão:

$$EUA = \text{Produção} / ET \quad (1)$$

em que a Produção representa a produção média do grão ou de biomassa (kg ha^{-1}), e ET representa a evapotranspiração ou a água consumida (mm), que foi calculada utilizando a equação do balanço da água no solo:

$$ET = P + R - D + \Delta\theta \quad (2)$$

em que P é a precipitação durante o ciclo da cultura (mm), R é a quantidade de rega (mm), D são as perdas por drenagem abaixo da profundidade radical (mm), e $\Delta\theta$ é a variação no teor de água no solo ao longo do ciclo cultural (teor de água à sementeira – teor de água à colheita). Como a precipitação é em geral baixa durante o ciclo da cultura, e as regas foram ajustadas de acordo com o esgotamento de água no solo, assumiu-se que não havia drenagem abaixo da zona radical como resultado da aplicação da água da rega ou da precipitação. Não foi observado nenhum escoamento superficial durante o ensaio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção de grão e biomassa

As produções médias de grão e da biomassa da parte aérea, por variedade e tratamento de rega, são apresentadas nas figuras 2 e 3. Estes dados mostram que a rega conduziu a um aumento da produção de grão e da biomassa da parte aérea.

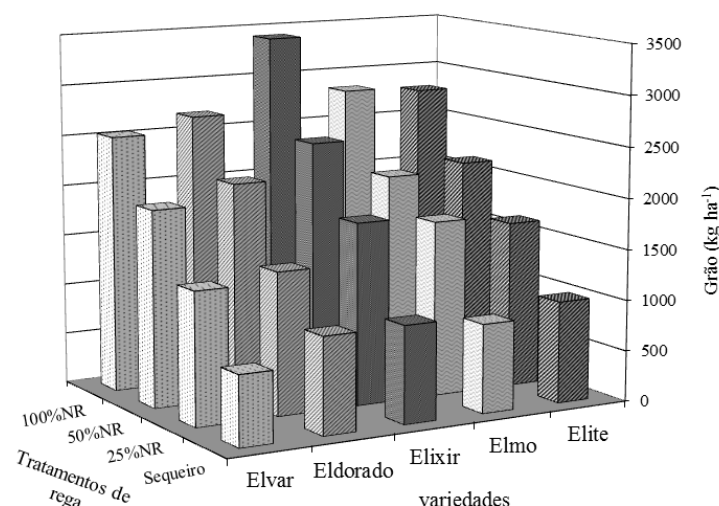


Figura 2 – Efeito da rega na produção média de grão de todas as variedades de grão de bico.

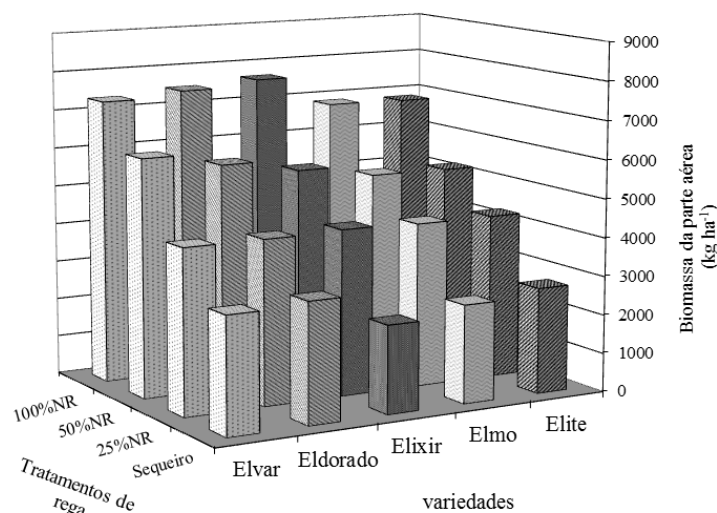


Figura 3 – Efeito da rega na produção média de biomassa da parte aérea de todas as variedades de grão de bico.

Verificou-se uma tendência para o aumento da produção de grão e de biomassa, do tratamento sem rega para o de 100% das necessidades de rega, em todas as variedades. Esta tendência foi maior nas variedades Elixir e Elvar, no caso da produção do grão, e na variedade Elixir, no caso da biomassa.

A produção de grão e de biomassa foram analisados estatisticamente através de uma análise de variância e do teste LSD para comparação de médias (Statsoft, 1995). Os resultados desta análise (Tabela 2) mostram que existiu um efeito significativo na produção de grão e de biomassa com a rega ($P < 0,001$). As diferenças de produção de grão entre as cinco variedades também foram significativas ($P < 0,001$), o mesmo não acontecendo com a produção de biomassa.

Tabela 2 - Resultados da análise de variância na produção de grão e na de biomassa da parte aérea das cinco variedades de grão de bico e diferentes níveis de água aplicada.

Factores de variação	g.l.	Grão	Biomassa
Repetição (Rep)	3	0,25	0,88
Rega (R)	3	108,29***	408,24***
Erro (a)	9	-	-
Variedade (V)	4	9,05***	2,50
R x V	12	1,12	0,96
Erro (Residual)	48	-	-

*** p<0,001

Olhando para as médias gerais dos tratamentos de rega (Tabela 3) os resultados mostram maiores produções para o tratamento com 100% das necessidades de rega, com diferenças significativas entre todos os tratamentos de rega.

Tabela 3 – Produção de grão (kg ha^{-1}) e de biomassa da parte aérea (kg ha^{-1}) nos diferentes tratamentos de rega.

Tratamento de rega	Grão	Biomassa
100% NR	2848	7223
50% NR	2142	5581
25% NR	1574	4265
Sequeiro	893	2725
LSD (0.05)	255	303

As médias gerais para as diferentes variedades (Tabela 4) mostram que a variedade Elixir apresentou o maior valor médio de produção de grão, com diferenças significativas para as outras variedades. No caso da produção de biomassa as diferenças entre variedades não são significativas.

Tabela 4 – Produção de grão (kg ha^{-1}) e de biomassa da parte aérea (kg ha^{-1}) por variedade.

Variedade	Grão	Biomassa
Elixir	2154	4930
Eldorado	1786	5165
Elvar	1615	5183
Elmo	1873	4712
Elite	1890	4752
LSD (0.05)	185	n.s.

3.2. Outros componentes da produção

A rega influenciou não apenas a produção de grão e de biomassa, mas também alguns componentes da produção, em todas as variedades. A Tabela 5, apresenta valores médios de alguns dos parâmetros medidos em cada tratamento de rega e variedade.

Tabela 5 – Valores médios da produção de grão (kg ha^{-1}), biomassa da parte aérea (kg ha^{-1}), número de vagens (NV m^{-2}), número de sementes (NS m^{-2}), índice de colheita (IC), peso de 100 sementes (P100S, g), dias antes da floração e dias até ao fim da floração das variedades de grão de bico e para os diferentes tratamentos de rega

Variedade	Tratamento de rega	Produção de grão	Biomassa	Dias antes da Floração	Dias até ao fim da floração	NV	NS	P100S	IC
Elixir	100% NR	3411	7643	62	93	906	1023	33.4	0.45
	50% NR	2456	5513	63	93	666	741	33.2	0.45
	25% NR	1794	4300	63	92	554	606	29.5	0.42
	Sequeiro	955	2265	63	92	311	315	30.5	0.42
Eldorado	100% NR	2677	7481	61	93	653	695	38.5	0.36
	50% NR	2121	5821	65	93	518	522	40.7	0.37
	25% NR	1401	4259	65	92	393	387	36.2	0.33
	Sequeiro	946	3097	65	92	263	259	36.4	0.31
Elvar	100% NR	2532	7332	68	95	663	703	36.1	0.35
	50% NR	1938	6152	69	93	476	489	39.7	0.32
	25% NR	1304	4254	68	93	392	371	35.1	0.30
	Sequeiro	686	2994	69	92	188	185	36.9	0.23
Elmo	100% NR	2831	6843	69	92	810	1012	28.0	0.41
	50% NR	2059	5217	70	93	551	717	28.7	0.39
	25% NR	1728	4253	70	92	489	614	28.2	0.41
	Sequeiro	873	2536	70	91	258	308	28.3	0.35
Elite	100% NR	2785	6817	69	92	760	973	28.6	0.41
	50% NR	2134	5200	70	92	546	714	29.9	0.41
	25% NR	1641	4259	70	92	462	565	29.0	0.39
	Sequeiro	1001	2732	70	92	275	341	29.3	0.36

Embora as diferenças não se tenham revelado estatisticamente significativas, é evidente a tendência para um aumento no número de vagens e de sementes das plantas, entre o tratamento sem rega (sequeiro) e os tratamentos com rega. Estes resultados concordam com os apresentados por Pacucci *et al.* (2006). O peso de 100 sementes não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos de rega, o que significa que o aumento na produção de grão foi fundamentalmente devido a um aumento do número de vagens e sementes por unidade de área com a aplicação da rega.

O índice de colheita não apresentou diferenças significativas entre tratamentos de rega porque o aumento na produção de grão foi acompanhado por um aumento na produção de biomassa. A variedade Elixir foi aquela que apresentou IC mais favoráveis.

3.3. Eficiência de utilização da água

A eficiência na utilização da água (EUA), quer para a produção de grão quer para a produção de biomassa, apresentou os seus valores médios mais elevados no tratamento de 50% NR. No que respeita à produção de grão (fig. 4) os valores de EUA mais baixos foram obtidos no tratamento de sequeiro (sem rega) e foram aumentando com a aplicação da rega até aos 50% NR, diminuindo depois outra vez. A variedade Elixir atingiu os valores médios de EUA mais elevados em todos os tratamentos, com o valor máximo de $8,3 \text{ kg grão ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ no tratamento de 50% NR, e a variedade Elvar os mais baixos em todos os tratamentos, com o valor mínimo de $3,8 \text{ kg grão ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ no tratamento de sequeiro. Os valores obtidos são similares aos apresentados por outros autores (Oweis *et al.*, 2004; Angadi *et al.*, 2008; Gan *et al.*, 2010). Oweis *et al.* (2004) apresentaram valores ligeiramente inferiores na EUA para a produção de grão, em ensaios realizados com grão de bico de Outono-Inverno, no Norte da

Síria, durante quatro épocas sucessivas. Eles também verificaram um aumento de EUAgr até 2/3 da rega a 100% e depois um decréscimo como o observado na figura 4.

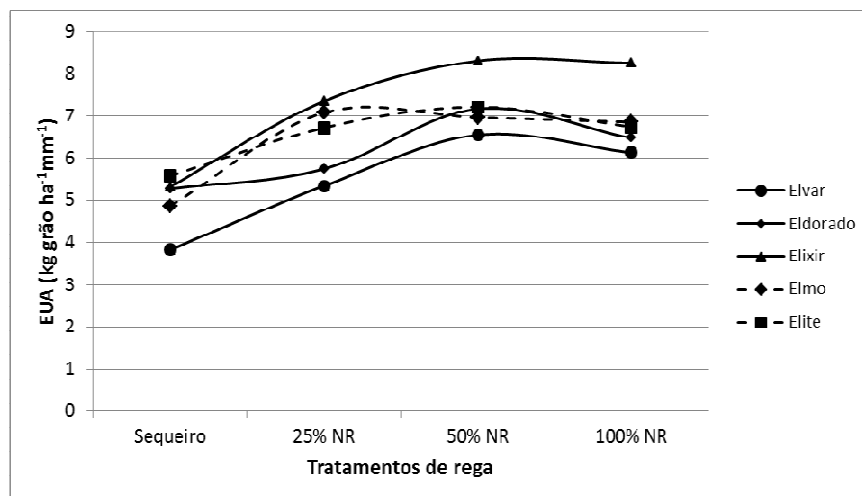


Figura 4 – Eficiência de utilização da água (EUA) na produção de grão nos diferentes tratamentos de rega e variedades de grão de bico.

Apesar dos valores serem em cada tratamento muito próximos, ou seja sem diferenças significativas entre variedades, no caso da eficiência de utilização de água para a produção de biomassa (fig. 5), verificaram-se os melhores valores médios na variedade Elvar (20,8 kg biomassa ha⁻¹ mm⁻¹, tratamento de 50%NR) e os piores nas variedades Elixir (12,6 kg biomassa ha⁻¹ mm⁻¹, tratamento de sequeiro).

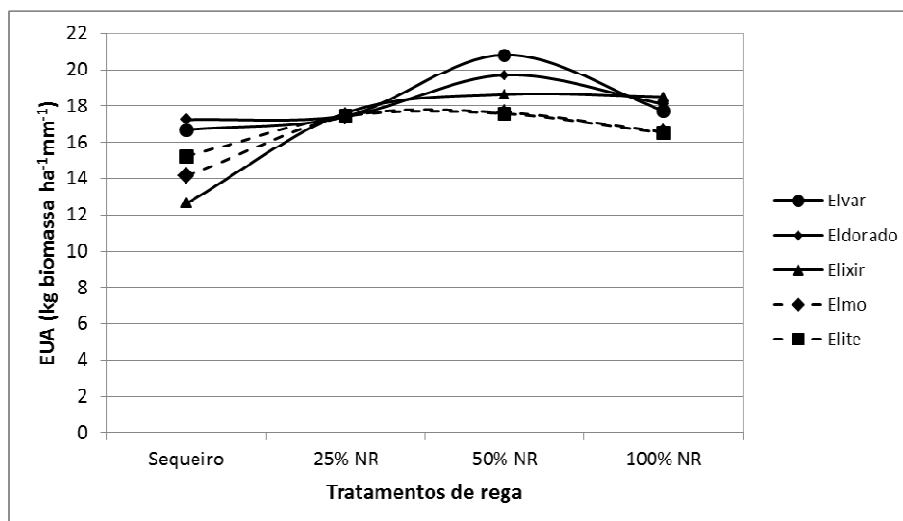


Figura 5 – Eficiência de utilização da água (EUA) na produção de biomassa nos diferentes tratamentos de rega e variedades de grão de bico.

4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostram que todas as variedades de grão de bico responderam bem à rega, apresentando aumentos significativos na produção de grão. Considerando todos os tratamentos de rega, a variedade Elixir foi aquela que evidenciou os maiores valores médios de produção de grão e de biomassa, tendo atingido produções médias, de grão, da ordem dos 3411 kg de grão por ha, e de 7643 kg de biomassa da parte aérea por ha. Esta variedade apresentou também os melhores índices de colheita, e a maior eficiência na utilização da água. Como conclusão final pode-se referir que a aplicação de rega suplementar permitiu um aumento da produção de grão e de biomassa, em todas as variedades testadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio financeiro do projecto Europeu ref. KBBE-2008-212337 (SWUP-MED) SUSTAINABLE WATER USE SECURING FOOD PRODUCTION IN DRY AREAS OF THE MEDITERRANEAN REGION, que permitiu a realização desta experimentação.

6. BIBLIOGRAFIA

Angadi, S.V., McConkey, B.G., Cutforth, H.W., Miller, P.R., Ulrich, D., Selles, F., Volkmar, K.M., Entz, M.H., Brandt, S.A., 2008. Adaptation of alternative pulse and oilseed crops to the semiarid Canadian prairie: seed yield and water use efficiency. *Can. J. Plant Sci.* 88, 425-438.

Cutforth, H.W., McConkey, B.G., Ulrich, D., Miller, P.R., Angadi, S.V., 2002. Yield and water use efficiency of pulse seeded directly into standing stubble in the semiarid Canadian prairie. *Can. J. Plant Sci.* 82, 681-686.

FAOSTAT (2010) <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

Gan, Y.T., Warkentin, T.D., Bing, D.J., Stevenson, F.C., McDonald, C.L., 2010. Chickpea water use efficiency in relation to cropping system, cultivar, soil nitrogen and Rhizobial inoculation in semiarid environments. *Agric. Water Manage.* 97, 1375-1381.

López-Bellido, F.J., López-Bellido, R.J., Khalil, S.K., López-Bellido, L., 2008. Effect of planting date on winter kabuli chickpea growth and yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agron. J.* 100, 957-964.

McKenzie, R.H., Middleton, A.B., Bremer, E., 2006. Fertilizer and rhizobial inoculant responses of chickpea on fallow and stubble sites in southern Alberta. *Can. J. Plant Sci.* 86, 685-692.

Miller, P.R., McDonald, C.L., Derksen, D.A., Waddington, J., 2001. The adaptation of seven broadleaf crops to the dry semiarid prairie. *Can. J. Plant Sci.* 81, 29-43.

Nielsen, D.C., 2001. Production functions for chickpea, field pea, and lentil in the Central Great Plains. *Agron. J.* 93, 563-569.

Oweis, T., Hachum, A., Pala, M., 2004. Water use efficiency of winter-sown chickpea under supplemental irrigation in a mediterranean environment. *Agric. Water Manage.* 66, 163-179.

Pacucci, G., Troccoli, C., Leoni, B., 2006. Effect of supplementary irrigation on yield of chickpea genotypes in a Mediterranean climate. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript LW 04 005. Vol. VIII.*

- Sadri, B., Banai, T., 1996. Chickpea in Iran. In: Saxena, N.P., Saxena, M.C., Johansen, C., Virmani, S.M., Harris, H. (Eds.) *Adaptation of chickpea in West Asia and North Africa Region*. ICARDA, Aleppo, Syria, pp. 23-34.
- Siddique, K.H.M., Regana, K.L., Tennanta, D., Thomson, B.D., 2001. Water use and water use efficiency of cool season grain legumes in low rainfall Mediterranean-type environments. *Eur. J. Agron.* 15(4), 267-280.
- Singh, K.B., 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Res.* 53, 161–170. doi: 10.1016/S0378-4290(97)00029-4
- Smith, M., 1995. CROPWAT. A computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage Paper n. 46. Food and Agriculture Organisation, Rome.
- Soltani, A., Khooie, F.R., Ghassemi-Golezani, K., Moghaddam, M., 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semi-arid environment. *Agric. Water Manage.* 49, 225-237.
- Zhang, H., Pala, M., Oweis, T., Harris, H., 2000. Water use and water use-efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.* 51, 295-304.
- Wood, J.A., Grusak, M.A., 2007. Nutritional value of chickpea. In Yadav, S.S., Redden, R.R., Chen, W., Sharma, B. (Eds). *Chickpea Breeding and Management*. CABI Publishing. Chapter 5, pp. 101-142. ISBN-13: 978-1845932138.